

## **Radiologische Beurteilung von Startern für Leuchtstofflampen mit Kr-85-haltigem Füllgas**

### **1. Gesetzliche Grundlagen (BRD: Strahlenschutzverordnung)**

- a) Bis August 2001 waren Verwendung, Lagerung und Beseitigung von Startern nach § 4, Absatz 2, Satz 1 in Verbindung mit Anlage III, Teil A, Nr. 7 der Strahlenschutzverordnung von 1989 genehmigungs- und anzeigefrei.  
Aktivitätsgrenze:  $5E+6$  Bq/Stück  
Grenzwert der Dosisleistung:  $1 \mu\text{Sv/h}$  in 10 cm Abstand
- b) Seit August 2001 bleiben gemäß §8, Absatz 1 in Verbindung mit Anlage I, Teil B, Nr. 7 der novellierten Strahlenschutzverordnung von 2001 die Verwendung und Lagerung von ‚Konsumgütern‘ weiterhin genehmigungs- und anzeigefrei. Die Anerkennung der Starter als Konsumgut hat nach §106 zu erfolgen. Eine Rückführungspflicht besteht nach § 107 Absatz 1 Satz 1a nicht.  
Aktivitätsgrenze:  $1E+4$  Bq/Stück  
Grenzwert der Dosisleistung:  $1 \mu\text{Sv/h}$  in 10 cm Abstand

### **2. Berechnung der Strahlenexposition durch die Verwendung von Startern**

- a) Der Füllgaszusatz Kr-85 ist ein radioaktives Edelgas und dicht in einer Glasampulle im Starter eingeschlossen. Kr-85 ist ein  $\beta$ -Strahler mit einem  $\gamma$ -Anteil von 0,4 %. Die  $\beta$ -Strahlung wird in der Glaswand praktisch vollständig absorbiert (vgl. Anlage 1), lediglich die  $\gamma$ -Strahlung und die bei der Absorption der  $\beta$ -Strahlung entstehende Bremsstrahlung können die Starterumhüllung durchdringen.
- b) Die Kr-85-Aktivitäten verschiedener Startertypen bewegen sich je nach Hersteller und Anwendungsfall in der Größenordnung von ca. 100 bis 1000 Bq/Stück und damit bei maximal 10% des Grenzwertes der Strahlenschutzverordnung.
- c) In Anlage 1 wurde die Dosisleistung eines Starters mit 1000 Bq berechnet. Sie liegt bei  $0,004 \mu\text{Sv/h}$ , also 0,4% des Grenzwertes von  $1 \mu\text{Sv/h}$ .

### 3. Radiologische Beurteilung

Der Dosisbeitrag durch den Umgang mit Kr-85-haltigen Startern kann nur rechnerisch ermittelt werden, da er messtechnisch nicht erfassbar ist. Die rechnerische Dosisleistung eines Starters liegt, an dessen Oberfläche, mit ca. 5% des natürlichen Strahlenpegels innerhalb dessen Schwankungsbreite.

Die natürliche externe Strahlenexposition liegt nach Angaben des Bundesamtes für Strahlenschutz bei 0,7 mSv/a oder 0,08 µSv/h.

Selbst bei mechanischer Zerstörung eines Starters und Freisetzung des Füllgases kommt es nicht zu höheren Expositionen, da Krypton als inertes Edelgas auch bei Inhalation nicht am Stoffwechsel teilnimmt, sondern sofort wieder ausgeatmet wird. Als möglicher Expositionspfad käme lediglich die Submersion (Bestrahlung von außen) in Frage, diese wäre aber bei dem Aktivitätsinventar eines Starters verschwindend klein.

Wie die Berechnungen zeigen, ist eine Gefährdung von Mensch und Umwelt aufgrund der vernachlässigbar kleinen Dosisbeiträge nicht gegeben. Einer konventionellen Entsorgung der Starter am Lebensende durch den Anwender steht daher auch von dieser Seite nichts im Wege.

- Anlage

# ANLAGE 1

## Bestimmung der Dosisleistung eines Kr-85-haltigen Starters

(Aktivität=1000 Bq)

### 1. Betastrahlung

#### 1.1 Reichweite der Betastrahlung in Glas

Für die maximale Reichweite von Betastrahlung gilt nach [1] folgende empirische Formel:

$$E_{Max} = 1,92 \cdot \sqrt{(\sigma \cdot R_{Max})^2 + 0,22 \cdot \sigma \cdot R_{Max}}$$

$E_{Max}$  = maximale Betaenergie in MeV (für Kr-85: 0,67 MeV)

$R_{Max}$  = maximale Reichweite in cm

$\sigma$  = Dichte in g/cm<sup>3</sup> (für Glas: 2,23 g/cm<sup>3</sup>)

Es ergibt sich eine maximale Reichweite von 0,1 cm.

Die Wandstärke eines Starters bewegt sich auch in diesem Bereich, sodass nicht mit einem Austritt von Betastrahlung zu rechnen ist. Demnach wäre nur die Bremsstrahlung zu betrachten.

#### 1.2 Dosisleistung durch Bremsstrahlung

Für annähernd kugelförmige Betaquellen gilt folgende Näherungsgleichung für die Energiedosisleistung durch Bremsstrahlung [1]:

(Die Schwächung der Bremsstrahlung durch die Wand des Starters wird dabei nicht berücksichtigt)

$$DL_E = 2,1E5 \cdot \left(\frac{\mu}{\rho}\right) \cdot \frac{A \cdot Z \cdot E_\beta^2}{r^2}$$

$DL_E$  = Energiedosisleistung in Luft [mrd/h]

$E_\beta$  = mittlere Betaenergie [MeV] (für Kr-85: 0,25 MeV [2])

$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)$  = Massen-Energieabsorptions-Koeffizient für Luft [cm<sup>2</sup>/g] (bei  $E_\beta$  = 0,25 MeV: ca. 0,03 cm<sup>2</sup>/g)

A = Aktivität [Curie] (1000 Bq = 2,7E-8 Curie)

Z = Ordnungszahl des Absorbers

Absorber: Glas (Borosilikat)

Tabelle: Zusammensetzung von Borosilikat-Glas gemäß  
National Institute of Standards and Technology, MD:

Z	Anteil
5	0.040066
8	0.539559
11	0.028191
13	0.011644
14	0.377220
19	0.003321

Gewichteter Mittelwert für Z: 10,3

r = Radius (Abstand von der Quellenmitte) [cm] (= 1cm)

## ANLAGE 1

Mit den vorgegebenen Daten ergibt sich für die Energiedosisleistung in 1 cm Abstand vom Mittelpunkt der Quelle (entspricht in etwa der Oberfläche eines Starters):

$$DL_E = 1,1E-4 \frac{mrad}{h} = 1,1E-9 \frac{J/kg}{h}$$

für die Äquivalentdosisleistung  $DL_{\dot{A}}$  gilt:

$$DL_{\dot{A}} = q \cdot DL_E$$

q = Wichtungsfaktor (für Röntgen- und Gammastrahlung: q = 1)

und somit:

$$DL_{\dot{A}} = 1,1E-9 Sv/h$$

## 2. Gammastrahlung

Für die Gammadosisleistung annähernd punktförmiger Quellen gilt [1]:

$$DL_\gamma = \frac{\Gamma \cdot A}{r^2}$$

$DL_\gamma$  = Gammadosisleistung [Sv/h]

$\Gamma$  = Gammadosisleistungskonstante [(Sv·m<sup>2</sup>)/(Bq·h)]

(für Kr-85 nach [1]: 0,012 (R·m<sup>2</sup>)/(Ci·h) = 3,2E-16 (Sv·m<sup>2</sup>)/(Bq·h))

r = Abstand zur Quelle [m] (hier: 0,01m)

A = Aktivität der Quelle [Bq] (1000 Bq)

Die Gammadosisleistung beträgt demnach:

$$DL_\gamma = 3,2E-9 Sv/h$$

## 3. Zusammenfassung

Die Dosisleistung des Starters setzt sich aus einer Bremsstrahlungs- und einer Gammakomponente zusammen. Unter der Annahme, dass weder Brems- noch Gammastrahlung geschwächt werden, ergibt sich für die Gesamtdosisleistung:

$$DL_{Gesamt} = (3,2E-9 + 1,1E-9) Sv/h = 4,3E-9 Sv/h = 4,3nSv/h$$

Quellen:

[1] Jäger/Hübner: Dosimetrie und Strahlenschutz, Thieme Verlag Stuttgart 1974

[2] Doc. XI-028/93-DE (Strahlenschutz-65)

„Grundsätze und Verfahren zur Festlegung von Konzentrationen und Mengen (Freigrenzen), bei deren Unterschreitung in der Europäischen Richtlinie keine Anzeige vorgeschrieben ist“

Kommission der Europäischen Gemeinschaft, 1993